

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-138411

(43)Date of publication of application : 20.05.1994

(51)Int.Cl. G02B 27/28  
G02B 6/00  
G02B 6/26

(21)Application number : 04-290970

(71)Applicant : SHIN ETSU CHEM CO LTD

(22)Date of filing : 29.10.1992

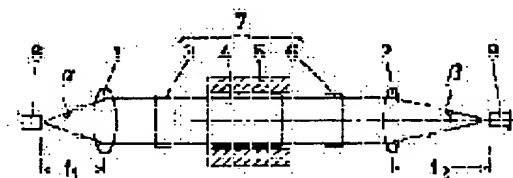
(72)Inventor : WATANABE TOSHIKI  
RIYUUOU TOSHIHIKO

## (54) COUPLING OPTICAL SYSTEM OF OPTICAL ISOLATOR

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide an optical system which is the coupling optical system arranged on the incidence side and projection side of the optical isolator and operates to assist in the original function of the optical isolator for eliminating return light.

CONSTITUTION: The optical isolator 7 is constituted by arraying a polarizer 3, a Faraday rotator 4 in a cylindrical magnet 5, and an analyzer 6 in this order. The coupling optical system is arranged on the incidence side and projection side of the optical isolator 7 and the incidence optical system consists of a 1st lens 1 which shapes light from a light source 8 into nearly parallel light and makes it incident on the optical isolator 7 and the projection optical system consists of a 2nd lens 2 which converges light emitted by the optical isolator 7 on a target object 9. The focal length  $f_1$  of the 1st lens 1 is shorter than the focal length  $f_2$  of the 2nd lens 2.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 24.03.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 10.08.1999

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 11-14584

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 09.09.1999

[Date of extinction of right]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 6-138411

(43) 公開日 平成 6 年 (1994) 5 月 20 日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G02B 27/28	A	9120-2K		
6/00	316	6920-2K		
6/26		9317-2K		

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平 4-290970

(22) 出願日 平成 4 年 (1992) 10 月 29 日

(71) 出願人 000002060

信越化学工業株式会社  
東京都千代田区大手町二丁目 6 番 1 号

(72) 発明者 渡辺 聡明

群馬県安中市磯部 2 丁目 13 番 1 号 信越化学  
工業株式会社精密機能材料研究所内

(72) 発明者 流王 俊彦

群馬県安中市磯部 2 丁目 13 番 1 号 信越化学  
工業株式会社精密機能材料研究所内

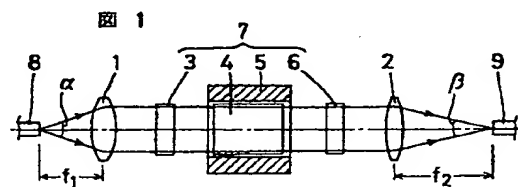
(74) 代理人 弁理士 小宮 良雄

(54) 【発明の名称】 光アイソレータの結合光学系

(57) 【要約】

【目的】 光アイソレータの入射側および出射側に配置する結合光学系であって、戻り光を無くすという光アイソレータの本来的機能を助ける働きのある光学系を提供する。

【構成】 光アイソレータ 7 は、偏光子 3、筒状磁石 5 内のファラデー回転子 4、検光子 6 がこの順に配列される。この結合光学系は、光アイソレータ 7 の入射側および出射側に配置されるもので、入射光学系が光源 8 の光を略平行光にして該光アイソレータ 7 に入射させる第 1 レンズ 1、出射光学系が該光アイソレータ 7 から出射する光を目的対象 9 に集光する第 2 レンズ 2 である。第 1 レンズ 1 の焦点距離  $f_1$  が第 2 レンズ 2 の焦点距離  $f_2$  より短くなっている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 偏光子、筒状磁石内のファラデー回転子、検光子がこの順に配列された光アイソレータの、入射側および出射側に配置される結合光学系において、入射光学系が光源光を略平行光にして該光アイソレータに入射させる第 1 レンズ、出射光学系が該光アイソレータから出射する光を目的対象に集光する第 2 レンズであり、第 1 レンズの焦点距離が第 2 レンズの焦点距離より短いことを特徴とする光アイソレータの結合光学系。

【請求項 2】 前記光源光が第 1 の光ファイバからの光であり、目的対象が第 2 の光ファイバであることを特徴とする請求項 1 に記載の光アイソレータの結合光学系。

【請求項 3】 前記目的対象がその端面を傾斜させた光ファイバであり、前記光アイソレータからの出射光の光の中心軸に対して該光ファイバの傾斜した先端が近づく方向に、前記第 2 レンズの中心軸と該光ファイバの中心軸とを一致させたままずらせたことを特徴とする請求項 1 に記載の光アイソレータの結合光学系。

【請求項 4】 前記光アイソレータの偏光子および検光子がガラス偏光板であることを特徴とする請求項 1、請求項 2 または請求項 3 に記載の光アイソレータの結合光学系。

【請求項 5】 前記光アイソレータの偏光子および検光子が偏光ビームスプリッタであることを特徴とする請求項 1、請求項 2 または請求項 3 に記載の光アイソレータの結合光学系。

【請求項 6】 前記光アイソレータの偏光子および検光子が複屈折結晶であることを特徴とする請求項 1、請求項 2 または請求項 3 に記載の光アイソレータの結合光学系。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、例えば光通信システムや光計測器に使用される光学部品であり、光源から発した光が光学系の端面で反射し光源に戻るのを防止するための光アイソレータの、入射側および出射側に配置される結合光学系に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 光源からの光を光学系を介して伝達しようとする、光学系の端面で反射した光が光源に戻ってくる。例えば光ファイバによる信号伝送で、レーザーから発した光はレンズを介してファイバ端面に投影され、その多くは伝送光としてファイバ内部に入ってゆくが、レンズやファイバの端面で表面反射をしてレーザーまで戻ってレーザーの発振を乱し、ノイズを発生させる。このようなノイズを防止するために光アイソレータが使用されている。

【0003】 図 1 には光アイソレータ 7 の概略断面が示されている。光アイソレータ 7 は、ガラス偏光板からなる偏光子 3、ファラデー回転子 4、ガラス偏光板からな

る検光子 6 がこの順に配列されている。偏光子 3 と検光子 6 は、偏光方向（または光軸）が 45 度回転した状態に配置されている。ファラデー回転子 4 の周囲は筒状磁石 5 で囲まれ、光路長および磁界強度は偏光方向を 45 度回転させるようになっている。

【0004】 光源からの順方向光は、この光アイソレータ 7 に入射し、偏光子 3 を透過して 1 方向の偏光となり、磁石 5 で磁界を印加されたファラデー回転子 4 を透過するときに偏光方向が 45 度回転し、検光子 6 を透過する。このようにして光アイソレータ 7 を出射した順方向光は、次の光学系（例えば光ファイバなどの目的対象）に入射する。一方、目的対象などの表面で反射して光アイソレータに逆方向から入射する戻り光は、偏光方向が検光子 6 と一致したもののみここを透過し、ファラデー回転子 4 では偏光方向がさらに 45 度回転して透過する。したがって、その透過してきた戻り光の偏光方向は偏光子 3 の偏光方向に対し 90 度回転した直交ニコルの関係にあるので、戻り光は偏光子 3 を透過することができない。すなわち光学系で反射した戻り光は光アイソレータ 7 を透過しないので、光源に戻ることがなく、光源のノイズを防止できる。なお、光アイソレータは、図 2 の例に示す偏光子 13 および検光子 16 が偏光ビームスプリッタである光アイソレータ 17 でも同様の動作をする。

【0005】 さらに別な光アイソレータの例として図 3 に示すように、偏光子 23 および検光子 26 に複屈折結晶プリズムを使用した光アイソレータ 27 がある。この光アイソレータ 27 の動作原理は光アイソレータ 7 や光アイソレータ 17 と若干異なる。光源からの順方向光は、この光アイソレータ 27 に入射し、複屈折結晶偏光子 23 を透過して常光線、異常光線に分離され、磁石 5 で磁界を印加されたファラデー回転子 4 を透過するに偏光方向が 45 度回転し、複屈折結晶検光子 26 を透過する。一方、光アイソレータ 27 に逆方向から入射する戻り光は、複屈折結晶検光子 26 で常光線、異常光線に分離し、ファラデー回転子 4 で偏光方向が 45 度回転して複屈折結晶偏光子 23 に入射するとき、光源からの順方向光が複屈折結晶偏光子 23 に入射するときとは、常光線、異常光線が見かけ上入れ代わった状態で入射する。そのため、戻り光は光軸ずれを来たして発散するために光源に戻る成分は非常にわずかになる。

【0006】 光アイソレータに光源光を入射させ、光アイソレータから目的対象に向けて光を出射するために、光アイソレータの入射側および出射側にレンズを配置している例が、特公昭 61-58811 号公報に開示されている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 上記のように光アイソレータは、その出射側にある目的対象で反射した戻り光が光源側（入射側）に戻るのを遮断する機能を本来的に有するものである。偏光子による偏光が完全に直線偏光

になりにくいことや、複屈折結晶偏光子の光軸に対する結晶切り出し角度の誤差により常光線と異常光線との分離距離が得にくいことにより、実際上はある程度の戻り光が通過してしまう。上記特公昭61-58811号公報の構成によれば、光アイソレータの偏光子、ファラデー回転子、検光子の組み合わせを2段にすることにより、通過してしまう戻り光を少なくしようとしている。しかし同公報には、光アイソレータの入射側および出射側にどのようなレンズを配置したら、戻り光を減少させることができるかは記載されていない。総じて従来の光アイソレータで、入射側および出射側に配置するのに適した結合光学系は知られていない。また出射側に用いるファイバ形状との結合に適した光学系は知られていない。

【0008】本発明はこのように従来の技術に鑑みてなされたもので、光アイソレータの入射側および出射側に配置する結合光学系であり、戻り光を遮断する光アイソレータの本来機能を助ける働きのある光学系を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】前記の目的を達成するためになされた本発明を適用する光アイソレータの結合光学系を、実施例に対応する図1により説明する。図1に示すように、本発明の光アイソレータの結合光学系は、偏光子3、筒状磁石5内のファラデー回転子4、検光子6がこの順に配列された光アイソレータ7の入射側および出射側に配置されるものである。該結合光学系は、入射光学系が光源8の光を略平行光にして該光アイソレータ7に入射させる第1レンズ1、出射光学系が該光アイソレータ7から出射する光を目的対象9に集光する第2レンズ2である。第1レンズ1の焦点距離 $f_1$ が第2レンズ2の焦点距離 $f_2$ より短くなっている。

【0010】前記光源8の光が第1の光ファイバからの光であり、目的対象9が第2の光ファイバで実施できる。図4に示す例では、目的対象9がその端面を傾斜させた光ファイバであり、光アイソレータ7の中心軸c1に光ファイバ9の傾斜した先端が近づく方向に、第2レンズ2の中心軸c2と光ファイバの中心軸c2とを一致させたままずらしている。

【0011】光アイソレータは、図1に示すように偏光子3および検光子6がガラス偏光板の光アイソレータ7を使用できる。さらに光アイソレータは、図2に示すような偏光子13および検光子16が偏光ビームスプリッタである光アイソレータ17を使用できる。また光アイソレータは、図3に示すような偏光子23および検光子26が複屈折結晶プリズムである光アイソレータ27を使用できる。

【0012】

【作用】光源8からの順方向光は、第1レンズ1、光アイソレータ7、第2レンズ2を透過して目的対象9に集光して多くは入射するが、一部が目的対象9で表面反射

して第2レンズ2側から光アイソレータ7に入射する。入射した戻り光は、光アイソレータ7の本来的な機能により光源8までは殆ど戻らない構成となっているが、僅かな一部が光源8へ到達してしまう。そのとき第1レンズ1の焦点距離 $f_1$ が第2レンズ2の焦点距離 $f_2$ より短いため、光源8まで戻る光がより少なくなり、光アイソレータ7の本来的な機能が実質的に強化されることになる。

【0013】このような現象が起きる理由は以下のとおりである。光源8の光は、たとえば光ファイバから出るレーザー光であったとしても若干の大きさ（コアの太さ）があり、レンズの収差や配置上の寸法誤差等もあるので、第1レンズ1の出射光（光アイソレータ7の入射光）は完全な平行光にはなり得ない。そのため第2レンズ2の出射光を目的対象9（例えば光ファイバ）の完全な一点に集光することは困難で、ある程度の大きさを有することになる。そのため目的対象9で表面反射した戻り光は、第2レンズ2により略平行光になるが、完全な平行光にはなり得ない。そのとき第1レンズ1の焦点距離 $f_1$ が第2レンズ2の焦点距離 $f_2$ より短くなっていると、光源8から出射した順方向光が第1レンズ1により放散（反射戻り光では収斂）する光束の見込角 $\alpha$ は大きい、第2レンズ2により目的対象9に収斂（反射戻り光では放散）する光束の見込角 $\beta$ は小さい。そのため、目的対象9に入射する順方向光は光軸ずれ、ビントずれがあっても効率よく入射し、目的対象9から反射した戻り光が光源8に戻ったときは実際上の光束の広がりが大きく、光源8の有効な光出射部分（光ファイバのコア）に当たることは少なくなり、その周囲に当たるものが多くなる。

【0014】図4に示す例のように、目的対象9がその端面を傾斜させた光ファイバであると、目的対象9で表面反射した光は順方向光の経路（主光線は第1レンズ1および光アイソレータ7の中心軸c1に一致）を逆に返るのではなく、傾斜方向にずれて反射するため、光路から外れるものが多くなり、光源8に戻る成分はさらに少なくなる。このように端面を傾斜させた光ファイバ9を使用する場合には、光アイソレータ7の中心軸c1に対して、第2レンズ2の中心軸c2と光ファイバの中心軸c2とを一致させたまま移動して、中心軸c1と中心軸c2とをずらしている。これにより、光ファイバ9の端面が傾斜しているために順方向光が光ファイバ9に入射し難くなることを防ぐことができる。

【0015】

【実施例】以下、本発明の実施例を詳細に説明する。図1は本発明を適用する光アイソレータの結合光学系の実施例の一部断面側面図である。この図に示すように、光源である第1光ファイバ8からの光を、第1レンズ1、アイソレータ7、第2レンズ2を経由して、目的対象である第2光ファイバ9に伝える構成となっている。第1

光ファイバ8および第2光ファイバ9は通信用光ファイバであり、図示外の部分は必要な長さを有している。さらに第1光ファイバ8は例えばレーザー、第2光ファイバ9はフォトダイオード（不図示）にそれぞれ連結している。第1光ファイバ8から焦点距離 $f_1$ を離して第1レンズ1が配置される。第2レンズ2からその焦点距離 $f_2$ を離して第2光ファイバ9が配置される。そして第1レンズ1の焦点距離 $f_1$ が第2レンズ2の焦点距離 $f_2$ より短く、また第1レンズ1の有効径と第2レンズ2の有効径は等しくなっている。

【0016】第1レンズ1と第2レンズ2の間に配置される光アイソレータ7は、偏光子3、ファラデー回転子4、検光子6が順に配列されている。偏光子1と検光子3は、ともにガラス偏光板であり同一の構造であるが、偏光方向が45度回転した状態に配置されている。ファラデー回転子4の周囲は筒状磁石5で囲まれ、光路長および磁界強度は偏光方向を45度回転させる関係になっている。

【0017】上記構成の光学系で第1光ファイバ8からレーザー光を送ると、第1レンズ1の焦点に第1光ファイバ8が配置されているから、光ファイバのコアという小さな点から出た順方向光は略平行光となって光アイソレータ7に入射し、透過する。光アイソレータ7を出射した平行光は、第2レンズ2の焦点に第2光ファイバ9が配置されているから小さく集光され、ほとんどが第2光ファイバ9に入射してゆく。しかし一部の光が第2光ファイバ9で表面反射し、その反射光は第2レンズ2を通して光アイソレータ7に入射する。入射した反射戻り光は、光アイソレータ7の本来の機能によりほとんど遮断されるが、僅かな成分が光アイソレータ7を透過してしまう。そのとき第1レンズ1の焦点距離 $f_1$ が第2レンズ2の焦点距離 $f_2$ より短くなっているため、見込角 $\alpha$ は見込角 $\beta$ より大きい。そのため、第2レンズ2から第2光ファイバ9に入射する順方向光は光軸ずれ、ビントずれがあっても効率よく入射するが、第2光ファイバ9から反射した戻り光が第1光ファイバ8に戻ったときは第1レンズ1による実際上の光束の広がりが大きく、第1光ファイバ8の有効な光出射部分（光ファイバのコア）に当たることは少なくなり、その周囲に当たるものが多くなる。したがって第1光ファイバ8に連結しているレーザーフォトダイオード（不図示）まで戻る反射光は極めて少ないものとなる。

【0018】図2は光アイソレータの別な実施例を示すものである。上記した図1に示す光アイソレータの結合光学系で光アイソレータ7の代わりに、この図2に示す光アイソレータ17で置き換えても同様の動作をする。この光アイソレータ17の偏光子13および検光子16が偏光ビームスプリッタであり、直角ガラスプリズムを2枚貼り合わせ、接合面に誘電体多層膜を施したものである。

【0019】さらに光アイソレータの別な実施例が図3に示してある。この光アイソレータ27は偏光子23および検光子26に複屈折結晶を使用した例である。この光アイソレータ27を図1の光アイソレータ7と置き換えた場合には、やはり戻り光が光源まで戻るのを防止できるが、動作原理は光アイソレータ7や光アイソレータ17を使用した場合と若干異なる。第1光ファイバ8からの順方向光は第1レンズ1により略平行光となって光アイソレータ27に入射し、複屈折結晶偏光子23を透過して常光線、異常光線に分離され、磁石5で磁界を印加されたファラデー回転子4を透過するときに偏光方向が45度回転し、複屈折結晶検光子26を透過し、第2レンズ2により第2光ファイバ9に小さく集光されて入射してゆく。第2光ファイバ9で表面反射した戻り光は第2レンズ2を透過して光アイソレータ27に入射する。この戻り光は、複屈折結晶検光子26で常光線、異常光線に分離し、ファラデー回転子4で偏光方向が45度回転して複屈折結晶偏光子23に入射し、さらに複屈折結晶偏光子23で発散し、第1レンズ1に入射する。第1レンズ1は焦点距離 $f_1$ が短いため、第1光ファイバ8には一層光が収束しにくい。その結果、光源側に反射光が戻らない光アイソレータ27の機能が增強される。

【0020】図4は目的対象9を端面が角度 $\gamma$ だけ傾斜した光ファイバにした実施例である。第2レンズ2の中心軸 $c_2$ と第2光ファイバ9の中心軸 $c_2$ とを一致させたまま平行移動し、光アイソレータ7の中心軸 $c_1$ から $x$ だけずらして配置する。ずらす方向は第2光ファイバ9の傾斜した先端が中心軸 $c_1$ に近づく方向（図示の上方向）である。このように構成することにより、第2光ファイバ9で表面反射する光が傾斜方向にずれるため、光路から外れるものが多くなり、第1光ファイバ8に戻る成分はさらに少なくなる。第2光ファイバ9の端面が傾斜していることにより光が入射し難くなることを防ぎ、順方向光が第2光ファイバ9に効率よく入射することになる。

【0021】このように効率よく入射する理由は以下のとおりである。図5の（a）に示すとおり、光ファイバ9の端面が直角であると、光ファイバ9の入射光の強度分布特性（出射光の強度分布特性も同じ）Iは、主光軸線が光ファイバ9の中心軸 $c$ に一致して上下対称である。しかし（b）に示すとおり、光ファイバ9の端面が角度 $\gamma$ だけ傾斜していると、強度分布特性Iは対称形にならず、主光軸線Icが光ファイバ9の中心軸 $c$ から下側に外れる。すなわち、端面の傾斜した光ファイバ9から出射する光の主光軸線Icが傾斜とは逆方向（図では下側）に屈折する。このことは、スネルの法則により明らかである。光の可逆性から入射光の主光軸線Icも光ファイバ9の傾斜した先端側に傾いており、光アイソレータ7の中心軸 $c_1$ をこの方向にずらしておけば、光アイソレータ7を出射した順方向光が第2光ファイバ9に

効率良く入射することになる。

【0022】なお、図4の実施例では、第2レンズ2の中心軸 $c_2$ と第2光ファイバ9の中心軸 $c_2$ とを一致させたまま平行移動して、光アイソレータ7の中心軸 $c_1$ から $x$ だけずらして配置しているが、第2レンズ2および第2光ファイバ9の中心軸 $c_2$ と光アイソレータ7の中心軸 $c_1$ が交差するように、第2レンズ2および第2光ファイバ9または光アイソレータ7のいずれかを回転移動させて配置してもよい。

【0023】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように本発明を適用する光アイソレータの結合光学系は、戻り光が光源までもどるのを、実質的に減少させることができるので、光アイソレータの本来の機能、すなわち戻り光を無くす機能がより強化されることになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用する光アイソレータの結合光学系の実施例の一部断面側面図。

【図2】光アイソレータの実施例を示す一部断面側面図。

【図3】光アイソレータの実施例を示す一部断面側面図。

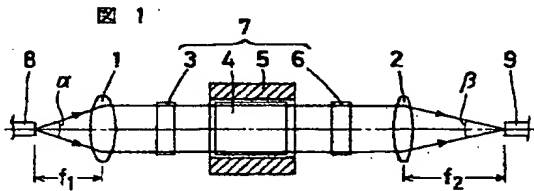
【図4】本発明の光アイソレータの結合光学系の別な実施例の一部断面側面図。

10 【図5】光ファイバ9の入射光の強度分布特性を説明する図。

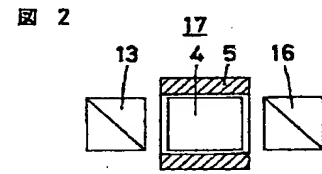
【符号の説明】

1は第1レンズ、2は第2レンズ、3は偏光子、4はフアラデー回転子、5は筒状磁石、6は検光子、7・17は光アイソレータ、8は光源、9は目的対象。

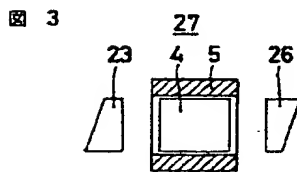
【図1】



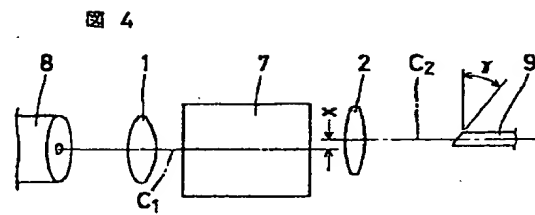
【図2】



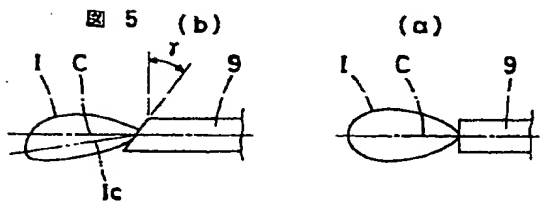
【図3】



【図4】



【図5】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**